

En analys av älgbetesanpassad skogsskötsel med hjälp av planeringsprogrammet Heureka

*An analysis of moose browsing-adapted forest management
using the planning programme Heureka*



Foto: Rolf Segerstedt 2014
Skärmdump: www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/sha/heureka/planwise/ (2014-04-23)

Pär Wilhelmsson & Karl Forsman



Kandidatarbete i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Författare/Author	Pär Wilhelmsson & Karl Forsman
Titel	En analys av älgbetesanpassad skogsskötsel med hjälp av planeringsprogrammet Heureka
Title	<i>An analysis of moose browsing-adapted forest management – using the planning programme Heureka</i>
Nyckelord/ Keywords	Heureka, älgbete, betesanpassning, skogsskötsel, planering, beslutsstödsystem/Heureka, moose browsing, forest management, planning, decision support system
Handledare/Supervisor	Anu Korosuo, och Ljusk-Ola Eriksson, Institutionen för skoglig resurshushållning / <i>Department of Forest Resource Management</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 högskolepoäng
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2014

FÖRORD

Denna uppsats är ett kandidatarbete utfört vid institutionen för skoglig resurshushållning vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Uppsatsens omfattning är 15 högskolepoäng och är en del av Jägmästarprogrammet. Detta arbete utfördes i samarbete med Sveaskog.

Först och främst vill vi tacka våra handledare, Anu Korosuo och Ljusk-Ola Eriksson, utan vars hjälp denna kandidatperiod hade varit en i det närmaste odräglig tid i våra liv. Vi tackar också Hampus Holmström för hans förmåga att ge mycket lättförstådda svar på relativt avancerade frågor och tankegångar gällande Heureka. Tack till er för allt stöd och lättillgänglig support både vad gäller ämnesområdets teknikaliteter samt metodiken kring att skriva vetenskapliga artiklar.

Vi vill även tacka Fredrik Gunnarsson på Sveaskog som bidragit med materialet samt föreslagit en intressant frågeställning. Även Ronny Lövstrand vill vi tacka för att han ställde upp på att träffa oss och diskutera olika betesanpassande åtgärder vilket kunde styrka vissa teorier samt framförallt slå hål på föreställningar som vi hade angående betesanpassad planering.

Slutligen skulle vi vilja tacka våra kursare som haft Heureka som verktyg, synnerligen Patrik Ulvdal och Anton Romlin, för möjligheten att stöta och blöta olika aspekter och svårigheter i PlanVis och Heureka-systemet.

Umeå, april 2014

Pär Wilhelmsson och Karl Forsman

SAMMANFATTNING

Älgstammen orsakar genom bete skador på skog som får negativa effekter för skogsbruket. Skötseln av skogen kan anpassas för att minska omfattningen av dessa skador.

Den här studien undersökte två scenarier av skogsskötsel. Det första scenariot, kallat grundskötsel, utformades efter Sveaskogs inställningar för skogsbruk och det jämfördes med ett scenario: betesanpassning. Betesanpassningen innehöll en skogsskötsel med motivet att hålla älgbetesskador vid en lägre nivå. Scenarierna bestod båda två av en simulering och en optimering. Dessa utfördes i beslutsstödsystemet PlanVis.

Studiens syfte var att undersöka om betesanpassningen resulterade i ett sämre nuvärde samt att se om åtgärderna som syftade till att minska älgbetesskadorna gav ett önskat resultat.

Arbetet inleddes med en genomgång av kända metoder för att minska skador på skogen från älgbete. De åtgärder som bedömdes vara realistiska för praktiskt skogsbruk och därför inkluderades i betesanpassningens skötselprogram var senarelagd röjning samt högre andel naturlig föryngring och sådd. I övrigt fick samma parametrar och restriktioner råda för såväl betesanpassningen som grundskötseln. Simuleringarna utfördes på 12 102 hektar av Sveaskogs innehav i Västerbottens inland.

Resultaten för de två alternativen jämfördes, främst med avseende på ekonomi. Betesanpassningen fick ett 1,55 % lägre nuvärde. I termer av måluppfyllnad hade det betesanpassade scenariot i genomsnitt 630 fler stammar per hektar i ungskogarna (bestånd med grundtyevägd medelhöjd under 5 m).

Betesanpassningen ökade fodertillgången. Skogen i detta scenario tål därför en högre skadenivå under ungskogsfasen och kan träda in i gallringsfas i godare skick ur produktionssynpunkt. Detta resulterar i högre virkeskvalitet och –produktion.

Nyckelord: Heureka, älgbete, betesanpassning, skogsskötsel, planering, beslutsstödsystem

SUMMARY

The moose population causes through its browsing damage on forests which is negative for the forest industries. The forest management can be adapted to reduce the magnitude of the browsing damage.

This study investigated two scenarios. The first scenario, named default management, was designed after Sveaskog's settings for forestry. The second scenario, named browsing adaption included management with a goal to reduce browsing damages. Both scenarios contained a simulation and an optimization which were done in the decision supports system PlanWise.

The purpose of the study was to investigate if the browsing adaption scenario resulted in a lower net present value and also if the browsing adaption management fulfilled its goal.

The work began with a review of known treatments that reduce browsing damages. Those that were deemed realistic for forestry in reality and therefore included in the browsing adaption scenario was delayed cleaning and larger proportions natural regeneration and sowing. Otherwise the same parameters and restrictions were applied in both scenarios. The simulations were executed regarding 12 102 hectares of Sveaskog's holdings in Lapland.

The results were compared mostly concerning economic aspects. The browsing adaption had a net present value that was 1,55 % lower than the default management. The browsing adaption had 630 more stems per hectare on average in stands below five meters in mean height.

The browsing adaptation did increase the level of available food resource. The forest; in this scenario, withstands a higher browsing pressure with a more satisfying result leaving the young forest phase.

Keywords: Heureka, moose browsing, browsing adaptation, forest management, planning, decision support system

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	2
Sammanfattning.....	3
Summary	4
Innehållsförteckning.....	5
Inledning.....	6
Bakgrund	6
Syfte.....	7
Material och metoder	11
Arbetsbeskrivning.....	11
Material	12
Planeringssystemet PlanVis.....	14
Gemensamma förutsättningar för beståndssimuleringen	16
Scenario grundskötsel	17
Scenario betes Anpassning	18
Skillnader mellan scenarierna	19
Optimeringsmodell.....	19
Resultat.....	22
Diskussion.....	30
Resultatdiskussion.....	30
Studiens utförande.....	31
Felkällor och problem.....	32
Slutsatser	33
Referenser	34

INLEDNING

Bakgrund

Klövvtstammen och däribland älgen orsakar skador för skogsbruket genom bete (Månsson *et al.* 2012). Studier har granskat älgbetad tallskog och man har konstaterat att fastän älgbetningsskador förekommer i olika former så missgynnas tallen alltid ur ett skogsbruksperspektiv. Framförallt virkeskvaliteten kan påverkas mycket negativt (Sandgren, 1980; Karlsmats & Pettersson, 2001) men även tillväxten sänks av den tillfogade grönmassaförlusten (Persson, 1986). Detta orsakar i sin tur ekonomiska förluster.

Skogsstyrelsens årliga inventering av skadebilden från älg innefattar Äbin (Rolander *et al.*, 2014). För det sydöstra området i Västerbotten fann man i 2013 års inventering att 9,2 % utav produktionsstammarna av tall uppvisade färsk skador av älg (Leijon, 2014). Området som denna studie behandlar innefattas av den inventeringen och problematiken är därför relevant på lokal nivå.

Samtidigt har älgen ett värde bland annat som jaktbart vilt och köttresurs (Ingemarsson *et al.*, 2007), varför det finns opinion för att Sverige ska hålla en fortsatt hög älgstam. Älgen är med andra ord här för att stanna och man kan argumentera för att skogsbruket bör förhålla sig till älgen genom att försöka minska förlusterna som uppkommer av betandet.

Man har i tidigare studier försökt undersöka om det finns beståndsmässiga faktorer som påverkar risken för betesskador på skogen.

Faktorer som påverkar risk för bete

Signifikanta fastän svaga samband har funnits mellan bete och beståndsstorlek, där mindre bestånd (<0,5 ha) löper större risk att drabbas hårdare (Lavsund, 2003).

Begreppet ”älsäker höjd” förekommer och åsyftar den höjd på träden då risken för skador av älg avtar starkt. Denna höjd menas oftast vara runt fyra (Westman, 1958; Winqvist, 1981; Lavsund, 2003) till fem (Persson, 1986) meter.

Studier har också visat att bonitet har ett samband med älgbete (Lavsund, 2003; Månsson *et al.*, 2007). Här har det säkerställts att älgen föredrar att beta på bestånd som har högre bonitet. Dock skall nämnas att ju högre bonitet beståndet har desto tåligare är det medan svagare boniteter får värre skador vid en given betesnivå (Lavsund, 2003). På högre boniteter växer skogen också ur det älgfarliga intervallet snabbare.

En annan beståndsfaktor som undersökts med avseende på betesskador är trädslagsblandning. I en finsk studie (Heikkilä & Härkönen, 1996) indikerades att förekomst av förväxande björk ökade skadorna på tallarna i bestånden, förmodligen på grund av att tallen blev undertryckt och fick klenare dimensioner på kvistarna vilket ökar betet. Som slutsats i den studien föreslogs att man i ungskogsfasen röjer ned björkandelen för att minska risken för att tallarna ska hamna efter i utvecklingen, vilket Lavsund (2003) också menar är en god idé.

Förekomsten av de allra mest älgbegärliga trädslagens inverkan på skadebilden har också varit ett ämne för undersökning. Arterna det handlar om är framförallt rönn samt asp och sälg

(Winqvist, 1981). Lavsund (2003) menar att ökad andel älgbegärligt löv i landskapet är gynnsamt för skogsbruket ur älgskadeperspektiv. Samtidigt finns det studier som indikerar att lövinslaget inte har någon inverkan på tallskadorna (Edenius, 1991).

Vidare har forskning undersökt sambandet mellan stamantal per ytenhet och förekomst av älgskador. En slutsats som dragits är att den relativa mängden skador på tallarna sjunker när stamantalet ökar (Andrén & Angelstam, 1993; Lavsund, 2003; Cassing *et al.*, 2006). Det innebär att ökat stamantal i ungskogsfasen ökar sannolikheten för att beståndet ska passera älgfarlig höjd med ett visst antal oskadda stammar.

Vad som också har bevisats påverka betesskadorna är förekomst av älg. Studier har visat att skadorna ökar med ökad älgthet (Andrén & Angelstam, 1993; Mansson *et al.*, 2007).

När man vet att dessa faktorer påverkar risken för betesskador kan man försöka anpassa sig till detta genom att skapa bestånd som löper relativt liten risk att skadas.

Syfte

I denna studie ska vi jämföra ett scenario med älgbetesanpassad skogsskötsel med ett annat av generell produktionsinriktad skötsel (utan några särskilda anpassningar efter älgbete) efter Sveaskogs riktlinjer. Syftet med studien är att undersöka vilka skillnader i ekonomisk avkastning, virkesflöde, beståndsutveckling och avverkningsnivåer dessa två scenarier ger.

Frågeställningar som ska besvaras är:

- Uppstår en ekonomisk förlust i det betesanpassade scenariot och hur stor är i så fall denna?

- Leder våra betesanpassade åtgärder till ett önskat resultat? Med ett önskat resultat menar vi bestånd som är beskaffade så att de löper mindre risk att drabbas av älgskador.

Scenariot grundskötsel avser skötselprogrammet som i studien tagit fram för att simulera Sveaskogs grundläggande trakthyggesbruk i PlanVis. Med grundskötseln som utgångspunkt har ändringar i skötselåtgärderna gjorts för att bestånden ska kunna uthärda älgbetetryck. Detta andra scenario kallar vi för betesanpassning.

Åtgärder för att minska skadornas omfattning

Betesskadornas omfattning kan, som vi tidigare fastslagit, påverkas genom diverse skogliga åtgärder. Dessa metoder skulle (anpassat efter Kalén (2009)) kunna kategoriseras som någon av följande tre typer:

- (1) Preventiva åtgärder som minskar skaderisken
- (2) Åtgärder som minskar förlusten av befintliga skador
- (3) Åtgärder som ökar fodertillgången

När målet med skogsbruket är ekonomisk avkastning blir åtgärdernas relevans för praktiserande i verkligheten relativ mot åtgärdens verkan och kostnad. I den här studien kommer ytterligare några åtgärder att uteslutas för att de inte passar premisserna för Heureka. Nedan följer därför en redogörelse för några kända åtgärder som syftar till att hantera älgbetesskador. Vi har även delat in åtgärderna som skogliga (om de påverkar utvecklingen av produktionsbestånd) och icke-skogliga (om de inte gör det). Anledningen till detta är för att de

åtgärder som kategoriseras som ”skogliga” är sådana som kan tas vidare till nästa fas i studien.

Preventiva åtgärder som minskar skaderisken

Skogliga

Trädslagsbyte innebär att man vid föryngring anlägger ett bestånd med ett mindre betesutsatt trädslag och på så vis undviker skador. Metoden kan vara ekonomiskt rationell under förutsättning att det nya beståndet tillvaratar ståndortens produktionsförmåga tillräckligt bra men just häri ligger problemet. Det är ur produktionssynpunkt ofta sämre att anlägga granbestånd på tallståndorter än att föryngra med tall, även i de fall då betesskador sänker avkastningen på det senare alternativet (Kalén *et al.*, 2009).

Icke-skogliga

Att sätta upp hägn är ett av de mer kraftfulla sätten att undgå skador. Det kräver emellertid stora arbetsinsatser vid såväl uppsättning och nedplockning men även underhåll och är därför inte gångbar på större skala (Kalén *et al.*, 2009; Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*). Samma problematik gäller för andra typer av fysiska plantskydd, t.ex. plaströr och snitslar (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*). Man har också försökt använda s.k. repellenter för att verka mindre begärligt för viltet. Men eftersom appliceringen av dessa måste upprepas varje växtsäsong är metoderna även här för arbetskrävande och kan inte anses vara försvarbara i ett ekonomiskt rationellt trakthyggesbruk i norra Sverige (Kalén *et al.*, 2009; Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*).

Åtgärder som minskar förlusten av befintliga skador

Skogliga

Beskärning är en manuell åtgärd där man avlägsnar grenar i kvalitetshöjande syfte, på samma sätt som stamkvistning. Skillnaden är att beskärning utförs på skadade stammar där dubbelstam, sprötkvist, bajonett eller annan defekt bildats på grund av bete. Mer kunskap om åtgärden behövs innan man kan bedöma dess relevans i detta sammanhang (Kalén *et al.*, 2009).

I bestånd där föryngringen visat sig otillräcklig eller stamantalet decimerats på grund av bete kan man utföra hjälpplantering. I vissa sammanhang kan man bli skyldig att hjälpplantera därför att det befintliga beståndet inte längre tillvaratar markens virkesproducerande förmåga. Detta scenario inträffar dock sällan på grund av bete eftersom träd kan betas mycket hårt utan att dö (Kalén *et al.*, 2009).

Bestånd där stora skador finns kan förtidsavverkas så att nya bestånd kan anläggas så snart som möjligt. Metoden används i rötskadade bestånd där värdeutvecklingen stagnerat. Förtidsavverkning skulle på samma sätt bli aktuellt även i betesskadade bestånd (Kalén *et al.*, 2009).

Åtgärder som ökar fodertillgången

Skogliga

Markberedning är en åtgärd som syftar till att gynna tidig beståndsutveckling. Det är en betesanpassande åtgärd på samma sätt som naturlig föryngring och sådd såtillvida att det ger

ett ökat naturligt plantuppslag (Kalén *et al.*, 2009). Markberedning är en relevant och mycket väl etablerad skoglig åtgärd som alltid bör utföras som ståndortsanpassning (Hallsby, 2007), även om man bortser från risken för betesskador (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*).

Risseparering kan utföras i samband med gallring och slutavverkning. Det innebär att man samlar ihop grenar i högar och lägger viltbegärlig grönmassa högt så att älgen får tillgång till detta när snön lagt sig. Riset skall lagras på det här viset i sådan tid innan snöfallet att älgarna lär sig var det finns (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*) samtidigt som det inte får lagras så tidigt att riset tappar begärlighet (Edenius *et al.*, 2012). Åtgärden innebär fler arbetsmoment för skördaren och således ett dyrare ingrepp på grund av sämre produktivitet. Kostnaden för rissepareringen är mindre om den utförs vid slutavverkning än vid gallring (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*). I dagsläget känner man inte till att risseparering skulle påverka virkesproduktionen negativt (Kalén *et al.*, 2009).

Röjning är likt markberedning en mycket väl etablerad skoglig åtgärd. Röjningen kan utföras med en målbild för trädslagsblandning, höjd och stamantal som anpassning för bete. Tidpunkten för röjningen kan uttryckas i termer av höjd för beståndet och att vänta med röjningen till beståndet har nått så kallad älgssäker höjd är en typ av betesanpassning (Kalén *et al.*, 2009). Syftet är då att vänta med uttunnandet av beståndet till man vet hur många och vilka stammar som blivit skadade av bete. Röjningen blir ofta dyrare ju senare den är (Hallsby, 2007). En typ av röjning som undersökts är toppröjning. Åtgärden bygger på att man kapar röstammarna i midjehöjd istället för vid marknivå. Ur betesriskperspektiv har detta fördelen att den kvarvarande stammen fortfarande producerar foder och kan avlasta betetrycket från huvudstammarna. Effekterna av toppröjning är inte helt kartlagda (Kalén *et al.*, 2009).

Att föryngra naturligt eller genom sådd kan också vara en betesanpassning. Fördelen med dessa metoder jämfört med en traditionell plantering är att det stora plantuppslaget ger större chans att få önskat antal plantor oskadda förbi älgfarlig höjd. Den relativa chansen för en planta att klara detta utan skador ökar också med ökande plantantal per ytenhet (Lavsund, 2003). Naturlig föryngring och sådd är inte exklusivt betesanpassade skötselmetoder och andra för- och nackdelar finns. Virkeskvaliteten blir högre och anläggningskostnaden är lägre än vid plantering, särskilt med naturlig föryngring. Omloppstiden förlängs däremot, risken för stormskador ökar och röjningen blir ofta dyrare (Hallsby, 2007). Vid sådd kan man tillgodogöra de produktionshöjningar förädlad föryngringsmaterial medför, till skillnad från naturlig föryngring.

Aspfällning är en åtgärd som innebär att man helt eller delvis fäller en asp. Eftersom aspen är ett stubb- och rotskjutande trädslag som dessutom är mycket eftertraktat av älg ska detta ge ökad fodertillgång. Åtgärden är dock negativ såtillvida att gamla grova aspar har höga naturvärden. Eftersom svampsjukdomen knäcksjuka värdväxlar mellan tall och asp är det möjligt att aspfällning ökar beståndets sårbarhet för sjukdomen (Kalén *et al.*, 2009).

Icke-skogliga

Väggkantsskötsel som betesanpassning bygger på att man sköter vägkanter så att älgprefererade trädslag gynnas. En möjlighet är att bredda vägkanterna men detta är inte

aktuellt i kommersiellt skogsbruk eftersom det direkt skulle minska arealen där man bedriver skogsodling (Kalén *et al.*, 2009). Vad som talar emot vägkantsskötsel som betesanpassning är att älgprefererade trädslag såsom t.ex. sälg redan förekommer på dessa ytor och att en fördyrad skötsel inte skulle ge så stor effekt (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*).

Skötsel av kraftledningsgator har likheter med vägkantsskötsel. Principen att gynna vissa trädslag genom val av röstammar, tidpunkt och intervall mellan röjningar tros kunna förbättra kraftledningsgatornas foderskapande förmåga. Problematiken är även den likadan som för vägkantsskötsel, nämligen att marginalnyttan bedöms vara låg (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*). Arbetet med röjning i kraftledningsgator utförs i södra Sverige oftast med 8-10 års intervall. Med val av röstammar som betesanpassning skulle man kunna utöka fodermängden i kraftledningsgatorna, men kostnader för detta och kraftbolagens vilja att utföra detta är okänd (Kalén *et al.*, 2009).

En viltåker är jordbruksmark som avsätts för att producera foder åt vilt. Viltåkrars effekt på omkringliggande skogsmark är inte fullt kartlagd men man tror att åtgärden har både avledande och utspädande effekt (Kalén *et al.*, 2009). Viltåkrarnas relevans för det kommersiella skogsbruket beror på tillgången av lämpliga objekt i form av inägor som kan prepareras till relativt låga kostnader. Avsättning av produktiv skogsmark till denna användning är inte aktuell i dagsläget för större bolag (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*).

Stödutfodring sker i viss omfattning där det av betesintensiva skäl är motiverat för att avlasta trycket från jordbruksgrödor och ungskogar (Sveaskog, 2013). Syftet är att detta ska ge en avledande effekt. Studier har gjorts på hur den här typen av födostation påverkar omkringliggande skog (Eklund, 2010). Eklunds studie indikerade att älgtätheten ökade runt platsen och detta skulle kunna öka skadorna på omkringliggande bestånd.

MATERIAL OCH METODER

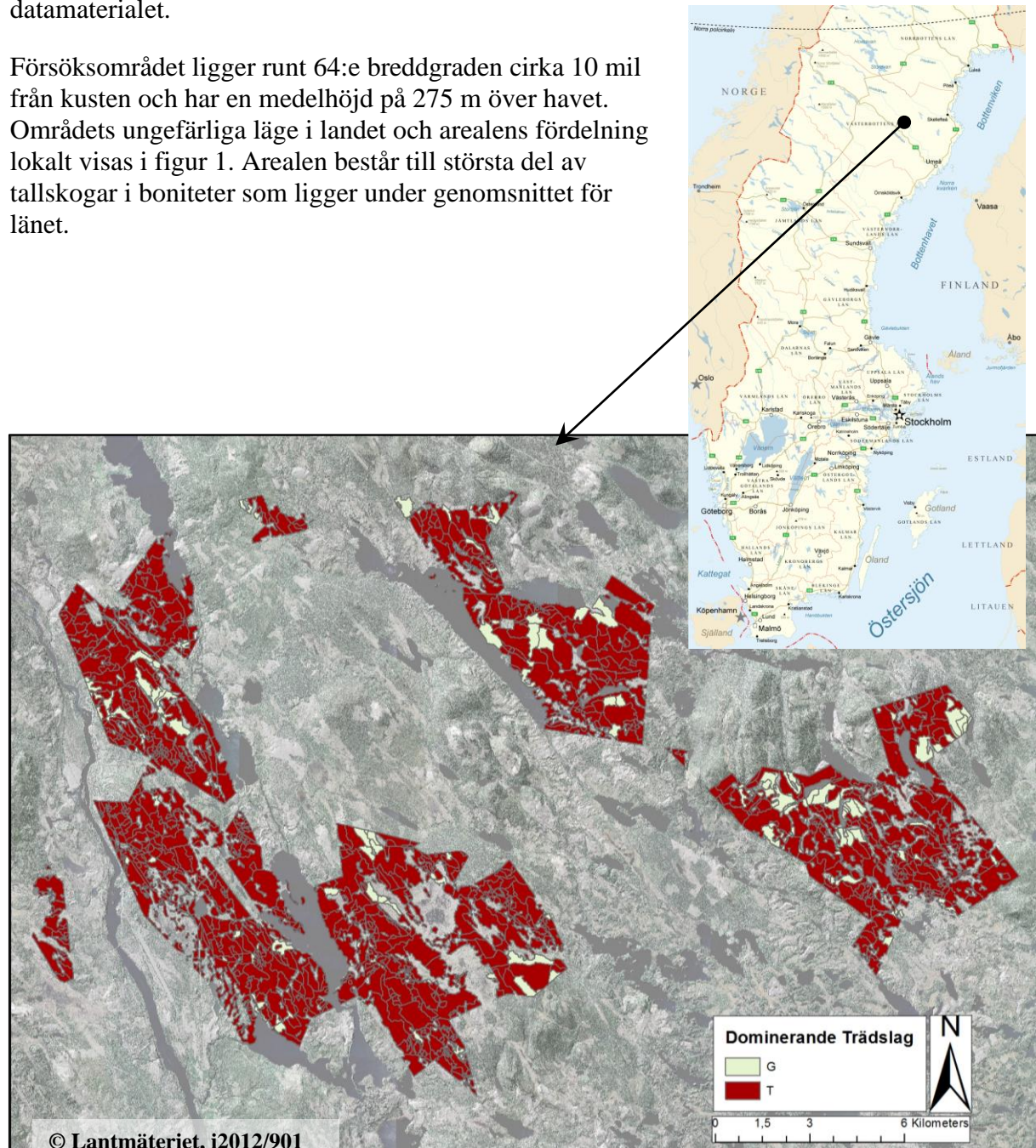
Arbetsbeskrivning

1. **Skötselutformning.** Fakta kring hur Sveaskog sköter sina skogar kommunicerades med planeringsansvarige och skötselchef. Åtgärder som bidrar till en minskad skadefrekvens studerades genom litteratur och tidigare studier. Resultatet är ett scenario som nedan benämns som *Betesanpassning*. Vi jämför detta med scenario för Sveaskogs standardskötsel nedan benämnd som *Grundskötsel*.
2. **Avgränsning.** Det andra, betesanpassade skötselalternativet utgick från inställningarna för grundskötseln med förändring på några punkter. När vi valde mellan vilka betesanpassade åtgärder som den betesanpassade skötseln skulle inkludera gick vi efter dessa kriterier:
 - a. *Åtgärden måste vara realistisk att genomföra i ett ekonomiskt rationellt skogsbruk.*
 - b. *Åtgärdens betesanpassande effekt ska vara bevisad eller så ska åtgärden främja sådana beståndsegenskaper som bevisats minska risken för älgbetesskador.*
 - c. *Åtgärdens effekter på skogsproduktion ska vara kompatibla med PlanVis.*
 - d. *Åtgärden ska vara förenlig med Sveaskogs riktlinjer och/eller attityd.*
3. **Databearbetning.** För att hämta det nödvändiga materialet ur det större beståndsregister som tillhandahölls krävdes viss extraktion via ArcMap där vi valde ett sammanhängande område att utföra våra studier på.
4. **Formulering av simuleringar.** En översättning av Sveaskogs skötsel till parametrar för PlanVis för att ta fram scenarier av olika skötsel aspekter. Bestånden delas in i domäner med avseende på sina beståndsegenskaper för att sen skötas på olika sätt. Simuleringen formulerades efter de två scenarierna separat och ger två resultat för de respektive optimeringsmodellerna att bearbeta.
5. **Formulering av optimeringsmodellen.** Utformningen av en Optimeringsmodell som tillgodoser huvudmålet med brukandet och samtidigt tar hänsyn till de restriktioner som krävs i en marknadsinriktad skogsindustri. Optimeringen behandlar dessutom vissa aspekter av betesanpassningen vilket ledde till att det behövdes två modeller som bara skiljer sig åt på de punkter som anses påverka måluppfyllnad för betesanpassning.
6. **Resultatredovisning.** För att åskådliggöra vad studien kommer fram till togs redovisande variabler fram.

Material

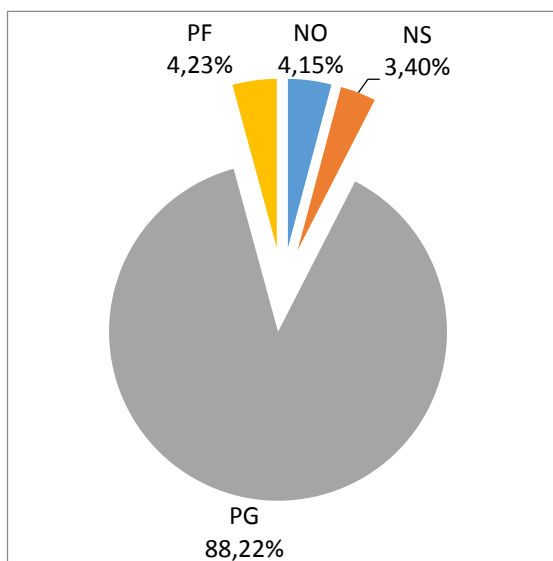
Vi har i vår fallstudie använt bestandsregister (figur 1) för Sveaskogs innehav i Västerbottens inland på 12102 ha. Behandlingsområdet begränsades till 1085 bestånd. Denna begränsning av beräkningsytor beror dels på dess geografiska läge dels tillgänglig tid till analys av datamaterialet.

Försöksområdet ligger runt 64:e breddgraden cirka 10 mil från kusten och har en medelhöjd på 275 m över havet. Områdets ungefärliga läge i landet och arealens fördelning lokalt visas i figur 1. Arealen består till största del av tallskogar i boniteter som ligger under genomsnittet för länet.



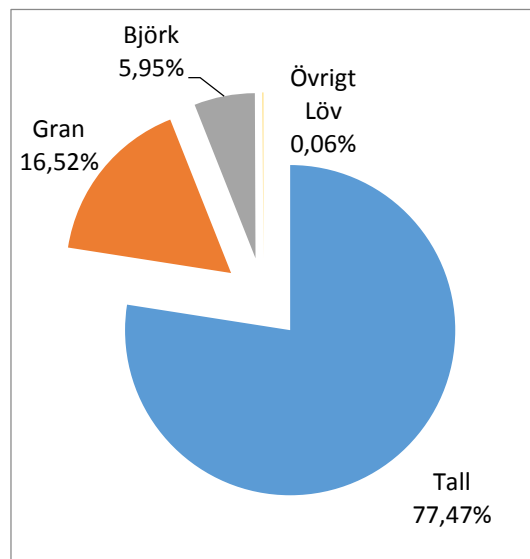
Figur 1. Rikskarta och översiktskarta för beräkningsområdet. G = gran. T = tall
Figur 1. National map and map over the calculation area. G = spruce. T = pine

Området domineras av skog med målklass PG. Övriga målklasser förekommer också enligt figur 2. Det vanligaste trädslaget var tall (77,47% av volymen, se figur 3).



Figur 2. Arealfördelning av målklasser (procent av arealen)

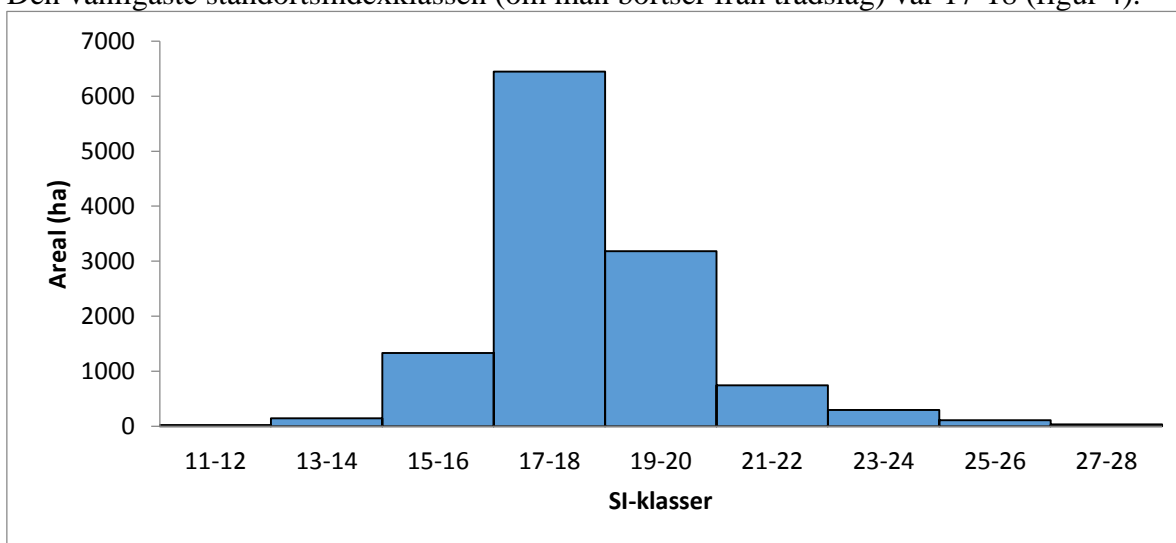
Figure 2. Area distribution of management class (percent of area)



Figur 3. Trädslagsblandning (procent av stående volym)

Figure 3. Tree species distribution (percent of standing volume)

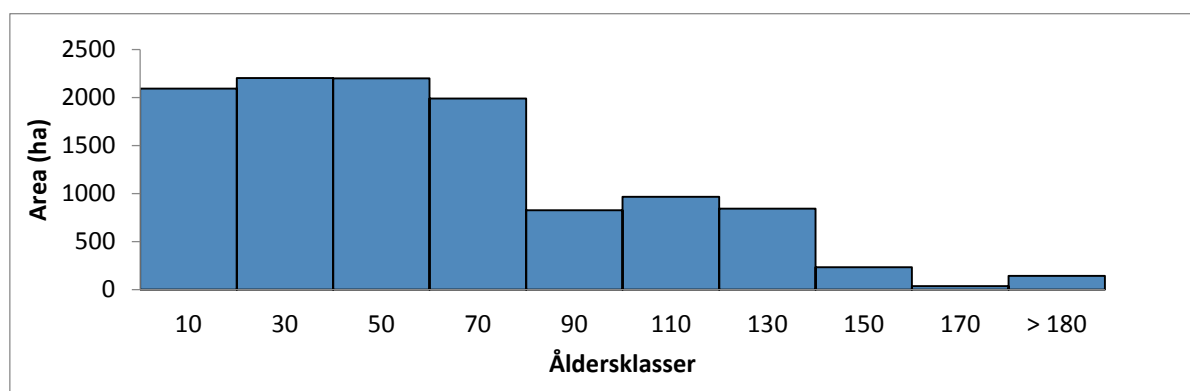
Den vanligaste ståndortsindexklassen (om man bortser från trädslag) var 17-18 (figur 4).



Figur 4. Fördelning av ståndortsindex (H100).

Figure 4. Distribution of site index (H100).

Innehavet hade areellt mest skog i åldrarna 20-40 samt 40-60 år (se figur 5).



Figur 5. Åldersklassfördelning. X-axelns värden visar åldersintervallens mitt.

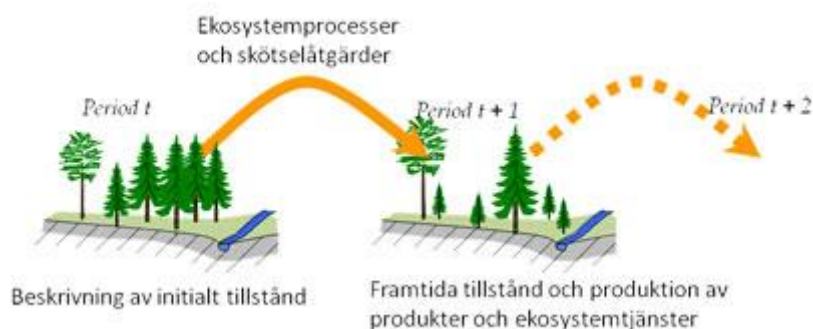
Figure 5. Age class distribution. The X-axis values represents the middle of the age interval.

Planeringssystemet PlanVis

Med hjälp av beslutsstödsystemet PlanVis genomfördes en jämförelse mellan två scenarier. Det första scenariot grundskötsel är en simulering av Sveaskogs nuvarande skogsskötsel. Det andra scenariot betesanpassning är baserad på grundskötseln men inkluderar åtgärder för att minska älgbetesskador.

Med hjälp av ett beståndsregister gjordes långsiktiga analyser som avser utvecklingen av skogstillståndet och potentiella avverkningsnivåer. Till detta användes beslutsstödsystemet PlanVis. PlanVis är en applikation i Heureka-systemet som i sig består av flera applikationer för analyser av olika brukningsområden för olika användartyper (Wikström *et al.*, 2011). Heureka används för att skapa framtidsscenarier och simulera beståndsutveckling utifrån dessa där olika applikationer används för olika geografiska tillämpningar.

PlanVis innehåller en samling modeller för simulering av beståndsutveckling hos flera bestånd under olika förutsättningar och skötselmetoder. Utifrån det initiala tillståndet hos bestånden i period t beräknas med hjälp av modeller för tillväxt, avgångar, inväxningar etc. hur beståndet i perioden $t + 1$, $t + 2 \dots$ kommer se ut. Principen beskrivs i figur 6.



Figur 6. Principbeskrivning av Heurekas produktionsmodeller

Figure 6. Principal sketch of the Heureka production calculations

Bildkälla: www.slu.se/sv/centrumbildningar-och-projekt/sha/heureka/planwise/ (2014-04-23)

Applikationen testar en rad olika skötselåtgärder i olika perioder för att finna den bästa kombinationen efter totalt nuvärde. Hur programmet får utföra dessa åtgärder avgränsas initialt med till exempel vid vilken ålder programmet får testa att gallra, avverka, plantera osv. Kostnader och intäkter simuleras utifrån prislistor för virke, arbetskostnader etc., för att bilda totalt nuvärde för skötselprogrammen diskonteras kostnader och intäkter för olika åtgärder. Olika kombinationer av skötselåtgärder bildar olika skötselprogram för varje givet bestånd och rangordnar ett antal av dessa program efter totalt nuvärde.

PlanVis har också en optimeringsdel med möjlighet att lösa linjära optimeringsproblem. Optimeringsverktyget väljer då ut de program som passar målfunktionen bäst under förutsättning att olika linjära restriktioner tillgodoses.

I optimeringsmodellen påverkades sedan vilka skötselprogram som valdes ut för att finna lösningen till det problem som ställdes upp.

Simuleringar

För att ta fram olika scenarier att simulera beståndsutveckling för var det första steget att dela in bestånden i domäner. Ett exempel på en domän är skog med målklassen NO. Den utgörs av bestånd som av hänsynskäl ska lämnas orörda av skogsbruket. Därför kom domänen att behandlas med modeller för fri utveckling. Domäner är inte begränsade till målklass utan kan ta hänsyn till andra faktorer som till exempel dominerande trädslag eller ålder. Inledningsvis bildades domäner för att ta hand om de olika grader av hänsyn som målklasserna NO, NS och PF innebär. De bestånd som inte föll in i någon av dessa domäner betraktades som produktionsskog och brukades därefter.

Bestånden behandlades olika beroende på om de är över eller under ett visst SI. Exempelvis planterades tallståndorter med ett SI lägre än 20 med 2000 plantor medan de bestånd som har högre SI planteras med 2400. Detta hanterades genom att det skapades domäner enligt tabell 1.

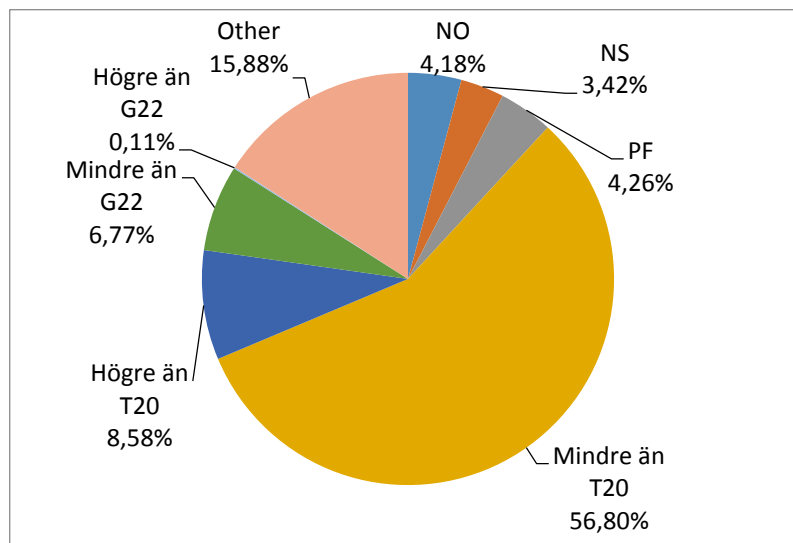
Tabell 1. Domänavgränsningar

Table 1. Domain distinctions.

Domän	Bonitetsvisande trädslag	Ståndortsindex (H100)	Målklass
NO	-	-	NO
NS	-	-	NS
PF	-	-	PF
< T20	Tall	< 20	PG
≥ T20	Tall	≥ 20	PG
< G22	Gran	< 22	PG
≥ G22	Gran	≥ 22	PG
Other			

Enligt denna tabell placeras bestånden i någon av domänerna. Om beståndets egenskaper inte passade in i någon av domänerna så hamnade det i Other-kategorin vilken sköttes med default-inställningar.

Domämfördelningarna (figur 7) visar att vi har den absoluta tyngdpunkten av arealen inom domänen Tall med SI lägre än 20. Med det övriga innehavet ganska jämnt fördelat mellan de övriga domänerna.



Figur 7. Domänfördelning (procent av total areal)

Figure 7. Forest domain distribution (percent of total area)

Gemensamma förutsättningar för beståndssimuleringen

Hänsyn togs på olika nivå beroende på vilken målklass beståndet hade. Bestånd i domänen NO lämnades orörda för fri utveckling. Bestånd med målklassen NS skötte med inställningar för hyggesfritt skogsbruk för att försöka simulera de åtgärder som målklassen ”naturvårdande skötsel” ofta medför. Det betyder att det utförs vissa avverkningar för att bevara den befintliga strukturen samtidigt som beståndet aldrig blir en kalyta. För att sköta bestånd med målklassen PF förbestämmer man att avverkningar och åtgärder ska göras med ökad hänsyn. Där ett PG-bestånd har den generella hänsynen på 10 % så har ett PF-bestånd 25 %. Det innebär att man simulerar att bestånden till 25 % lämnas orörda vid avverkningar och åtgärder.

De övriga bestånden betraktades som produktionsbestånd men dessa har också krav på viss hänsyn. Programmet ställdes in för att göra 10 % generell hänsyn på alla PG-bestånd och dessutom lämnas 10 ”evighetsträd” per hektar vid avverkning. Dessa inställningar med avseende på hänsyn gäller oavsett om det är det betesanpassade programmet eller om det är grundskötseln. Hur de båda scenarierna skiljer sig åt med avseende på simuleringen är hur skötselinställningarna som behandlar våra PG-bestånd skiljer sig åt. Alltså de andra domänerna än NO, NS och PF.

För att jämföra våra betesanpassade åtgärder utformades två skötselprogram med olika inställningar:

- En grundskötsel med Sveaskogs inställningar för röjning, gallringstidpunkt, slutavverkningar och förnygringsmetoder.
- En betesanpassad skötsel där inställningarna för grundskötseln var utgångspunkt. Vi justerade de inställningar som vi genom litteratur och intervjuer kom fram till ska påverka skötseln.

Med PlanVis grundinställningar i version 1.9.9.0 i botten och med 3 % kalkylränta gjordes justeringar för att simulera Sveaskogs skogsskötsel som den ser ut idag.

Scenario grundskötsel

Simulering

Scenariot grundskötsel frångick PlanVis grundinställningar på punkter som redogörs för i tabell 2 och tabell 3 nedan.

Tabell 2. Planterings- och röjningsinställningar för grundskötsel

Table 2. Properties for planting and cleaning for default management

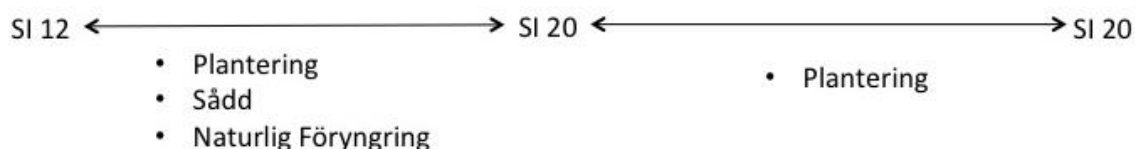
SI	Antal plantor vid plantering (st)	Röjningstidpunkt (H _{GV} i meter)	Mål med röjning (stammar/ha)
≤ T20	2000	4	1600
> T20	2400	4	2000
≤ G22	1700	3	1600
> G22	2300	3	2000

Tabell 3. Gallringsinställningar grundskötsel.

Table 3. Properties for thinning default management

SI	Gallringstidpunkt, 1:a gallring (ÖH, m)	Gallringsstyrka, 1:a gallring (%)	Gallringstidpunkt, 2:a gallring (ÖH, m)	Gallringsstyrka, 2:a gallring (%)	Önskad omloppstid (år)
≤ T20	12	40	N/A	N/A	75 - 120
>T20	13	35	17	25	60 - 90
≤ G22	14	35	N/A	N/A	70 - 120
> G22	14	35	19	30	45 - 80

För att efterlikna Sveaskogs föryngringsmetodik tog vi för de lägre boniteterna bland tallbestånden fram alternativ med plantering, sådd och naturlig föryngring parallellt enligt figur 8.



Figur 8. Fördelning av simulerade föryngringsmetoder med avseende på SI

Figure 8. Distribution of regeneration methods depending of site index

Bland de färdiga skötselprogrammen genererades lika många alternativ med plantering som med naturlig föryngring och sådd respektive. Detta för att vid optimering kunna välja att föryngra vissa andelar av arealen med naturlig föryngring och sådd.

Optimering

I optimeringsmodellen utvaldes program som uppfyller fler mål än bara maximalt totalt nuvärde. I realiteten har skogsbruket fler delmål än att bara maximera nuvärde. För att ta hänsyn till Sveaskogs mål byggde vi en ny optimeringsmodell som tar hänsyn till nedan listade faktorer:

- Maximera nuvärde.
- Maximalt 10 % ökning av föryngringsavverkad volym mellan två intilliggande perioder tillåts.
- Icke avtagande slutavverkningar mellan en period och nästa på nationell nivå.
- Maximalt 39,72% av den skog som uppnått lägsta slutavverkningsålder får avverkas. Överskottet av tillgänglig slutavverkningsskog kallas planeringsreserv.

Sveaskog har dessutom en policy på att maximalt 5 % av arealen föryngras med naturlig föryngring. Denna restriktion formulerades på följande vis:

- Arealen som föryngras med sådd får bara vara max 5 % av den totala föryngrade arealen för varje period i planeringshorisonten.

Modellen optimerade efter decimaltalsprincipen som delar befintliga bestånd i mindre delar, så kallade brukningsenheter, för att tillfredsställa optimeringsmodellens begränsningar.

Lösningen på detta optimeringsproblem ”Optimeringsmodell Grundskötsel” betraktar vi som resultatet av Sveaskogs skogsskötsel som den utförs idag.

Scenario betesanpassning

Det andra, betesanpassade scenariot utgick från inställningarna för grundskötseln. Med ett tillägg av åtgärder som bedömdes som betesanpassade. De åtgärder som bedömdes uppfylla dessa kriterier var följande:

- Ökad andel Sådd.
- Ökad andel Naturlig Föryngring.
- Markberedning.
- Ingen röjning i bestånd med <5 m höjd.

Simulering

Den betesanpassade simuleringen kom att skilja Sveaskogs grundskötsel på blott en punkt i inställningarna för skötselåtgärderna. Lägsta tillåtna röjningshöjd sattes till 5 meter för alla tallbestånd. De övriga anpassningarna gjordes i optimeringsdelen.

Optimering

Betesanpassningens modell kom att skilja sig från grundskötselns modell genom att vi tvingade fram en högre andel sådd och tillät större andel naturlig föryngring. Begränsningarna formulerades som följande:

- Den areal som sås ska vara mindre än 15 % av den totala föryngringsarealen.
- Den areal som sås ska vara större än 12 % av den totala föryngringsarealen.

- Den areal som föryngras naturligt ska vara mindre än 7 % av den totala föryngringsarealen.

Skillnader mellan scenarierna

För att åskådliggöra vad som skiljer de två scenarierna åt följer i tabell 4:

Tabell 4. Skillnader mellan grundskötsel och betesanpassning.

Table 4. Differences between default management and browsing adaptation.

Skötselprogram	Simuleringsinställningar	Optimeringsinställningar	
	Tillåten lägsta röjning (m)	Tillåten andel sådd (%)	Tillåten andel naturlig föryngring (%)
Grundskötsel	2	0 - 10	0 - 5
Betesanpassning	5	12 - 15	0 - 7

Optimeringsmodell

Här beskrivs optimeringsmodellen som är använd och dess målfunktion, restriktioner, variabler och parametrar matematiskt.

Definitioner av index:

Indextal: Bestånd = i , Skötselalternativ = j , Period = p

Antal bestånd: $N = 1085$

Antal skötselalternativ för bestånd i : $M_i = 20$

Målfunktion

Max: SumNPV (1)

Restriktioner

$\text{ArealUngskog}[p] \leq 0,5 * \text{AreaTot}$ För alla $p = 1 \dots 20$ (2)

$\text{VolOverLSA}[p] * 0,715 \geq 1,8 * \text{volHarvFinalFelled}[p]$ För alla $p=1 \dots 20$ (3)

$\text{ArealNF}[p] \leq C * \text{AreaFinalfelled}[p]$ För alla $p=1 \dots 20$ (4)

$\text{ArealSow}[p] \leq Z * \text{ArealFinalFelled}[p]$ För alla $p=1 \dots 20$ (5)

$\text{ArealSow}[p] \geq Y * \text{ArealFinalFelled}[p]$ För alla $p=1 \dots 20$ (6)

$\text{volHarvFinalFelled}[p] \leq 1,10 * \text{volHarvFinalFelled}[p-1]$ För alla $p=1 \dots 20$ (7)

$\text{volharvFinalFelled}[p] \geq \text{volHarvFinalFelled}[p-1]$ För alla $p=1 \dots 20$ (8)

Där målfunktionen (1) syftar till att maximera totalt nuvärde för planeringsperioden förutsatt att följande restriktioner är uppfyllda. (2) För att möta skogsvårdslagens krav som säger att

inte mer än halva arealen får vara under 20 år gammal. Sveaskogsplaneringsreserv (3) bygger på att volym stående skog som är över lägsta slutavverkningsålder, LSÅ, ska vara större än den slutavverkade volymen gånger en produkt. För att hålla naturlig föryngring under önskad nivå så får formel (4) reglera att naturligt föryngrad areal inte överstiger en procentsats C av den totala föryngringsavverkade arealen. För att hålla sådden under önskad nivå sattes kravet i formel (5) att bara en viss del Z av den totala föryngrade arealen får sås, här formulerades också en tröskel (6) som möjliggör att man kräver att en viss del Y av föryngringen sås vilket vi gjorde i det betesanpassade scenariot. Det jämnhetskrav som sattes innebär att föryngringsavverkad volym tillåts öka 10 % från en period till en annan (7) men att den inte får sjunka (8).

Koefficienterna C, Z och Y i formlerna (4), (5) och (6) är olika för de bägge scenarierna för att representera föryngringskrav.

Tabell 5. Värden för koefficienterna C, Z, Y

Table 5. Values of coefficients C, Z, Y

Skötselprogram	C	Z	Y
Grundskötsel	5	10	0
Betsanpassning	7	15	12

Beräkning av kontovariabler använda i objektfunktion och restriktioner

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} NPV[i, j] * area[i] * x[i, j] = SumNPV \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} volumeÖverLSA[i, j, p] * area[i] * x[i, j] = VolOverLSA[p] \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} VolumeFinalfelled[i, j, p] * area[i] * x[i, j] = volHarvestFinalFelled[p] \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} arealNF[i, j, p] * area[i] * x[i, j] = ArealNF[p] \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} arealSådd[i, j, p] * area[i] * x[i, j] = ArealSådd[p] \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M[i]} AreaFinalFelled[i, j, p] * area[i] * x[i, j] = ArealFinalFelled[p] \quad (14)$$

För samtliga ekvationer (9)-(14) gäller att de görs för alla $p=1 \dots 20$. Summa totalt nuvärde för planperioden beräknas på detta vis (9) för att kunna jämföra de båda scenarierna och vilket värde de bägge investeringarna skulle göra. Detta gör man genom att summera totalt nuvärde för alla varje bestånd, alternativ och bruksandel ($x[i, j]$) för att sedan summera dessa för alla perioder. För att kunna ställa upp vår restriktion med planeringsreserv så var vi tvungen att räkna ut volym över LSÅ (10) och föryngringsavverkad volym (11). För att ställa våra restriktioner kring föryngringsmetoder så räknades arealen för naturlig föryngring (12), arealen sådd (13) samt total areal som föryngringsavverkats (14).

Definition av variabler

$X[i, j] = [0, 1]$ = Andel av bestånd i som behandlas med skötselalternativ j .

$ArealUngskog[p]$ = Areal skog som har lägre medelålder än 20 år i period p . (hektar)

$VolOverLSA[p]$ = Volym i bestånd som uppnått lägsta slutavverkningsålder i period p (m³sk)

$ArealNF[p]$ = Arealen som föryngras med metoden naturlig föryngring i period p (hektar)

$ArealSow[p]$ = Arealen som föryngras med metoden sådd i period p (hektar)

$ArealFinalFelled[p]$ = Total föryngringsareal i period p (hektar)

$volHarvFinalFelled[p]$ = Total slutavverkningsvolym inklusive fröträdsavverkning (m³sk)

Definition av parametrar

NPV_{ij} = Totalt nuvärde för bestånd i och alternativ j över planeringsperioden (kr/ha).

$Area_i$ = Area för bestånd i (ha)

$volumeOverLSA_{i,j,p}$ = Volym skog som har högre medelålder än lägsta slutavverkningsålder i bestånd i , skötselalternativ j och period p . (m³sk/ha)

$VolumeFinalFelled_{i,j,p}$ = Volym slutavverkat (inklusive frö/skärpträdfällningar) för bestånd i , skötselalternativ j och period p . (m³sk/ha)

$ArealNF_{i,j,p} = 1$ om bestånd i , skötselalternativ j och period p är naturligt föryngrad, annars 0.

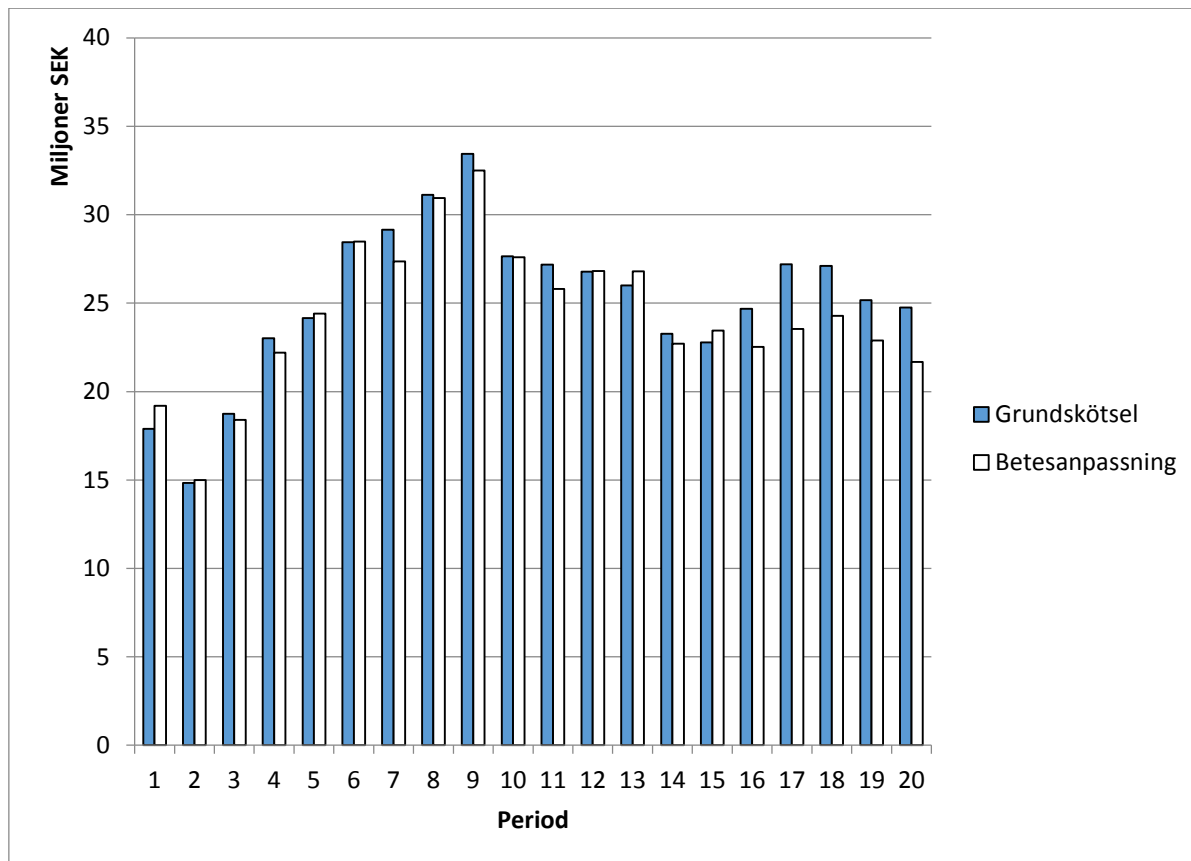
$ArealSådd_{i,j,p} = 1$ om bestånd i , skötselalternativ j och period p är sådd, annars 0.

$AreaFinalFelled_{i,j,p} = 1$ om bestånd i , skötselalternativ j och period p är slutavverkad (med eller utan frö/skärpträdfällningar, annars 0.

$AreaTot$ = Total areal för skogsområdet.

RESULTAT

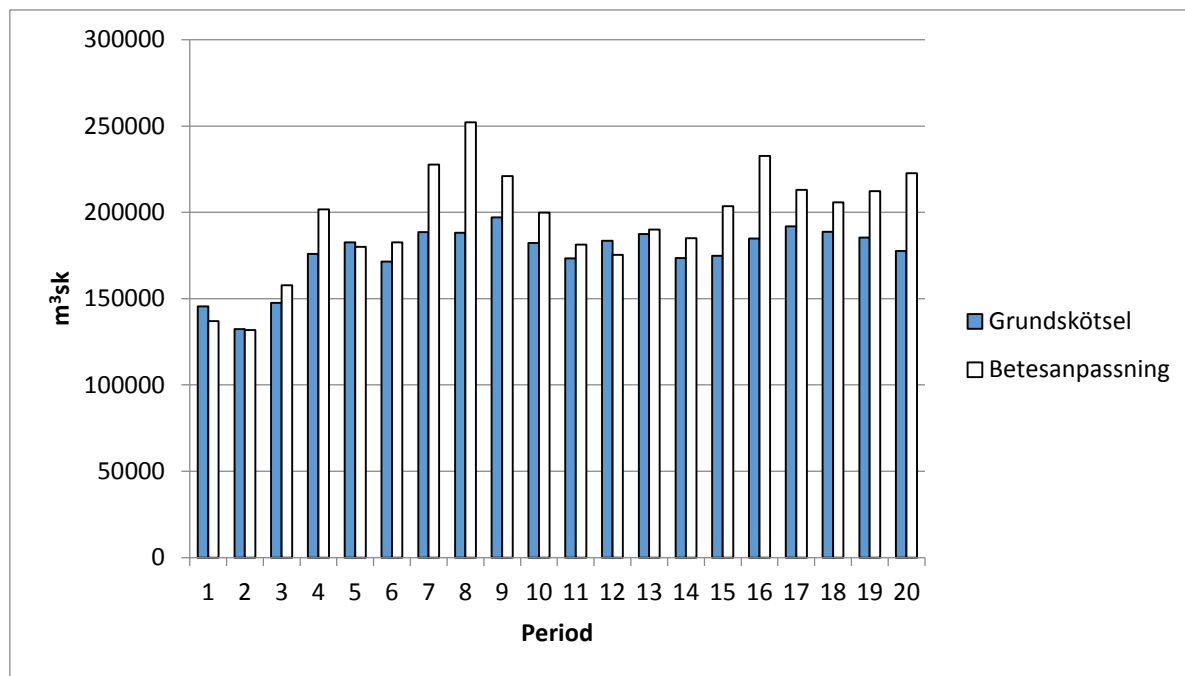
Nettointäkterna i de två scenarierna fördelades på ett sätt som illustreras i figur 9. Intäkterna i scenariot grundskötsel var högre främst under de fem sista perioderna medan betesanpassning hade en högre nettointäkt främst under period 1.



Figur 9. Nettointäktprofil.

Figure 9. Net revenue profile.

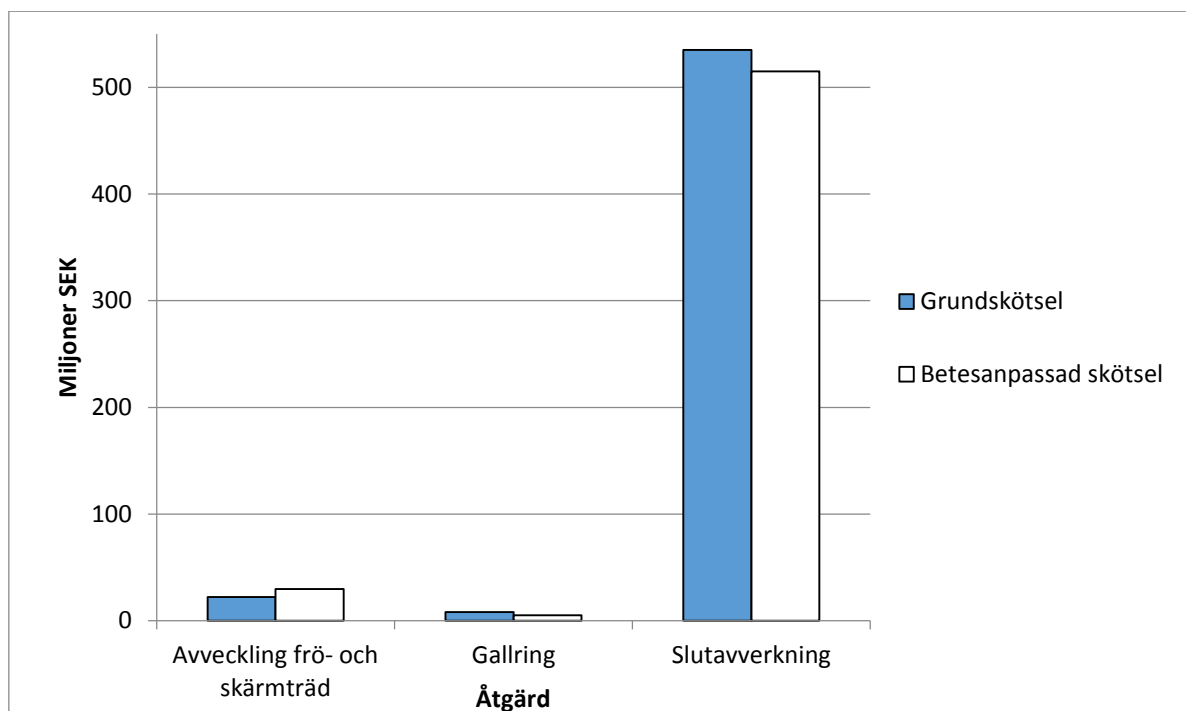
Avverkningsnivåerna visas i figur 10. Notera att den uppmätta volymen här inkluderar virke från gallringar. Det innebär att resultatet av det rådande jämnhetskravet, som endast gällde slutavverkad volym (inkl. avveckling av frö- och skärträd) inte kan iakttas i denna figur. I 100-årsperiodens senare del (period 13 och framåt) hade betesanpassningen högre avverkningsnivåer.



Figur 10. Avverkningsprofil. Avverkade volymer (från gallringar, slutavverkningar samt avvecklingar av frö- och skärträd) över de 20 perioderna för båda scenarierna.

Figure 10. Harvesting profile. The distribution of harvested volumes (from thinnings, cuttings and cuttings of seed and shelter trees) over the 20 periods for both scenarios.

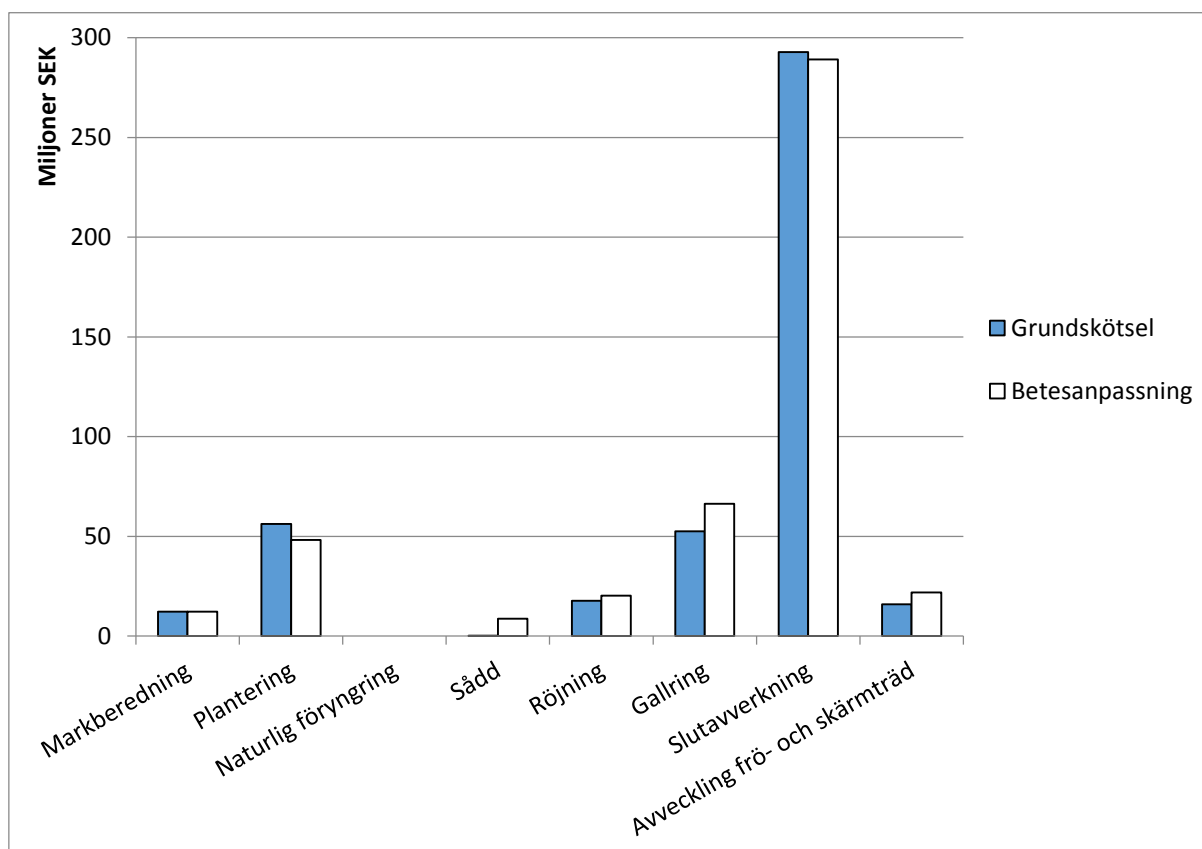
Nettointäkterna mellan olika åtgärder var olika vilket man ser i figur 11. Notera att scenariot betesanpassning hade högre intäkter från avveckling av frö- och skärmträd men lägre nettointäkter från slutavverkning jämfört med scenariot grundskötsel.



Figur 11. Åtgärdsvis nettointäkter. Exempelvis den högra stapeln visar de sammanlagda nettointäkterna från alla slutavverkningar under hela 100-årsperioden.

Figure 11. Net income by treatment. For example the stock to the right shows the accumulated net income from all the cuttings during the whole 100 year period.

Även kostnaderna för olika åtgärder var ojämnt fördelade mellan scenarierna. Notera här att betesanpassningen gav högre kostnader för röjning. Detta presenteras i figur 12.



Figur 12. Åtgärdsvis kostnader. Figuren visar kostnader för olika åtgärder på motsvarande vis som figur 11 visar nettointäkter för olika åtgärder.

Figure 12. Costs by treatment. The figure shows costs for various treatments in the same way that figure 11 shows net revenue for various treatments.

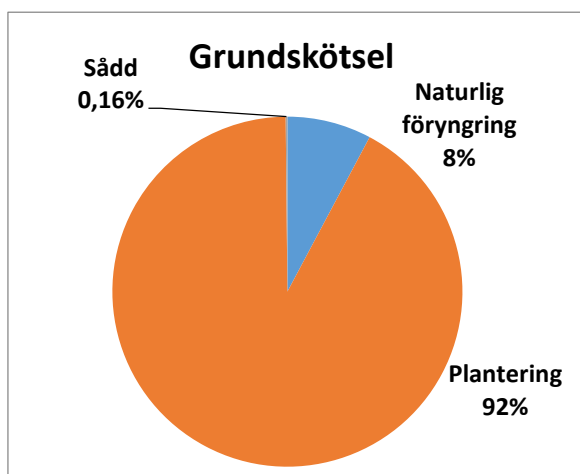
Dessa skillnader i kostnader och intäkter är samlade i tabell 6. Här ser man också förhållandet mellan posterna för grundskötsel respektive betesanpassning. Betesanpassningen hade en såddkostnad som var mer än sju gånger högre än samma siffra för grundskötseln. Naturlig föryngring har inte några kostnader alls i något av scenarierna. Som figur 13 och 14 visar användes dock denna metod i olika utsträckning.

Tabell 6. Sammanlagda kostnader och nettointäkter per åtgärd. Den högra kolumnen visar en kvot där betesanpassningens post är täljare och grundskötselns post är nämnare.

Table 6. Sums of costs and net revenue per treatment. The right column shows a ratio where the value of browsing adaption is the numerator and the value of default management is the denominator.

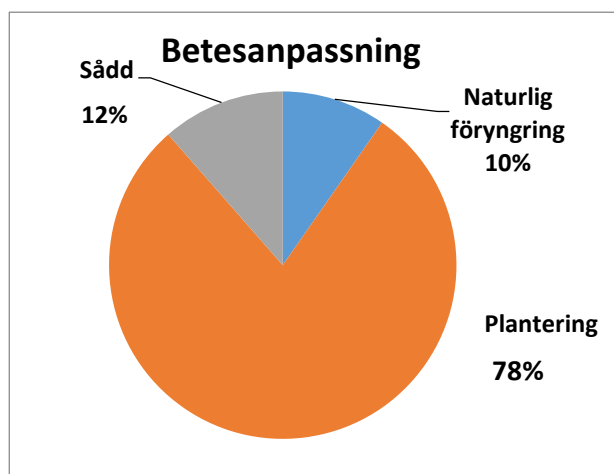
Post	Grundskötsel (SEK)	Betesanpassning (SEK)	Betesanpassning som andel av grundskötsel (%)
Kostnader			
Markberedning	12 194 088	12 197 274	100,0
Sådd	120 493	8 802 032	7305
Plantering	56 318 352	48 262 264	85,7
Nat. föryngring	0	0	N/A
Röjning	17 781 725	20 251 997	113,9
Gallring	52 489 703	66 313 572	126,3
Slutavverkning	292 779 146	289 138 553	98,8
Avveckling frö- och skärträd	15 884 441	21 820 447	137,4
Nettointäkter			
Gallring	8 291 934	5 285 890	63,7
Slutavverkning	535 100 912	514 974 516	96,2
Avveckling frö- och skärträd	22 176 428	29 811 724	134,4

Figureerna 13 och 14 visar hur stor andel av varje förnygringsmetod som användes i de två scenarierna. Posterna är beräknade som summan av en metod genom summan av den totala förnygrade arealen under hela 100-årsperioden. En skillnad mellan scenarierna var att andelen sådd ökade med betesanpassning.



Figur 13. Förnygringsarealer för grundskötsel. Andelen är beräknad som summan av arealen förnygrad med en viss metod dividerat med all förnygrad areal.

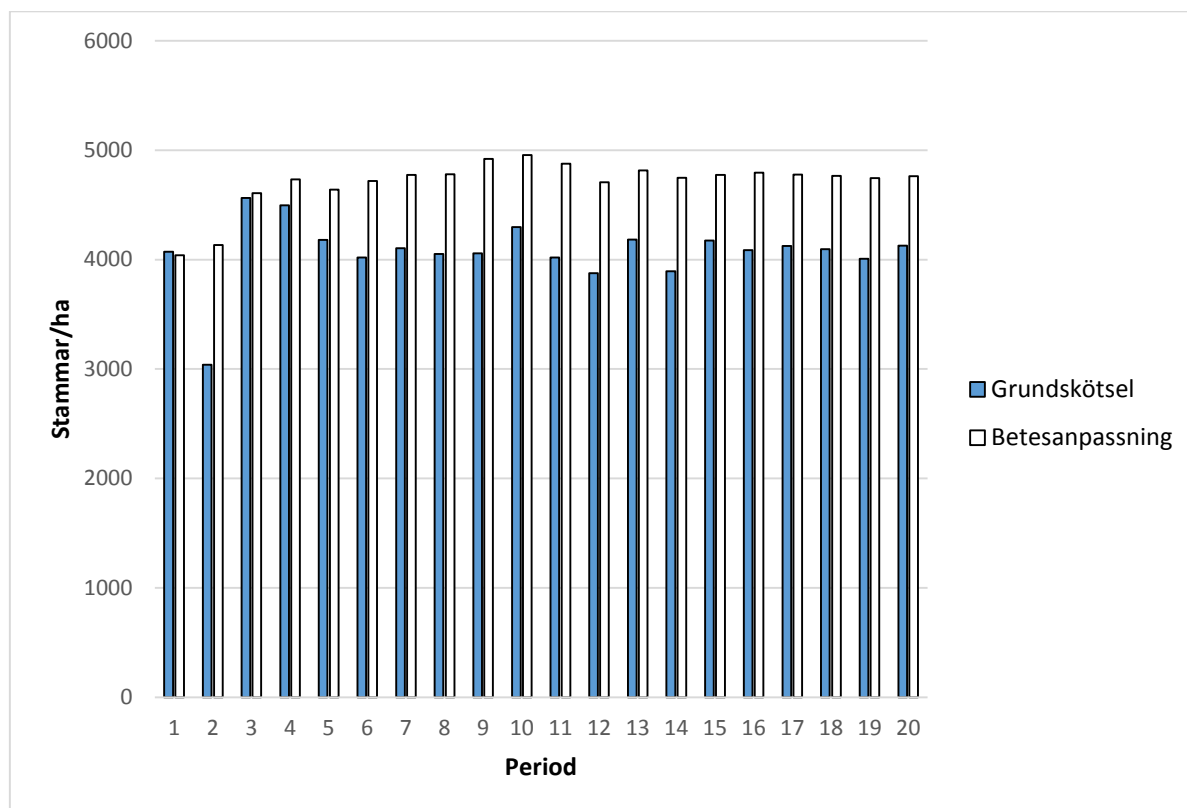
Figure 13. Regeneration areas for default management. The values are calculated as the sum of areas regenerated with a certain method divided with all regenerated areas.



Figur 14. Förnygringsarealer för betesanpassning. Andelen är beräknad som summan av arealen förnygrad med en viss metod dividerat med all förnygrad areal.

Figure 14. Regeneration areas for browsing adaption. The values are calculated as the sum of areas regenerated with a certain method divided with all regenerated areas.

Ett av målen med skogsskötseln i betesanpassningen var att skapa ungskogsbestånd med fler stammar per ytenhet. Vi definierade ungskog som bestånd med < 5m grundtyevägd medelhöjd. Dessa bestånd hade en högre stamtäthet i betesanpassningen (figur 15).



Figur 15. Periodvis stamtäthet i ungskogar. Ungskog definierades här som alla bestånd med en grundtyevägd medelhöjd på under 5 meter.

Figure 15. Stem density in young stands for each period. Young stands was defined as stands with basal weighted height of maximum 5 metres.

I tabell 7 redovisas återigen stamantal per ytenhet. Eftersom det tar ett antal perioder innan scenariernas skötselinställningar ger utslag redovisade vi denna storhet för två olika tidsintervall.

Tabell 7. Stamtäthet i ungskogar. Siffrorna är aritmetiska medelvärden för perioder i urval.

Table 7. Stem density in young stands. The numbers are presented as an arithmetic mean for certain periods.

	Grundskötsel	Betesanpassning	Differens
Stammar/ha period 0-20	4074	4704	630
Stammar/ha period 4-20	4363	5081	718

Grundskötseln hade ett nettonuvärde på 13 218 SEK/ha för hela planperioden och 158 864 106 SEK för hela innehavet.

Motsvarande siffror för det betesanpassade skötselalternativet var 13 013 SEK/ha och totalt 156 400 427 SEK.

Det innebär en inoptimalförlust på 1,55 % för betesanpassningen i jämförelse med grundskötseln.

DISKUSSION

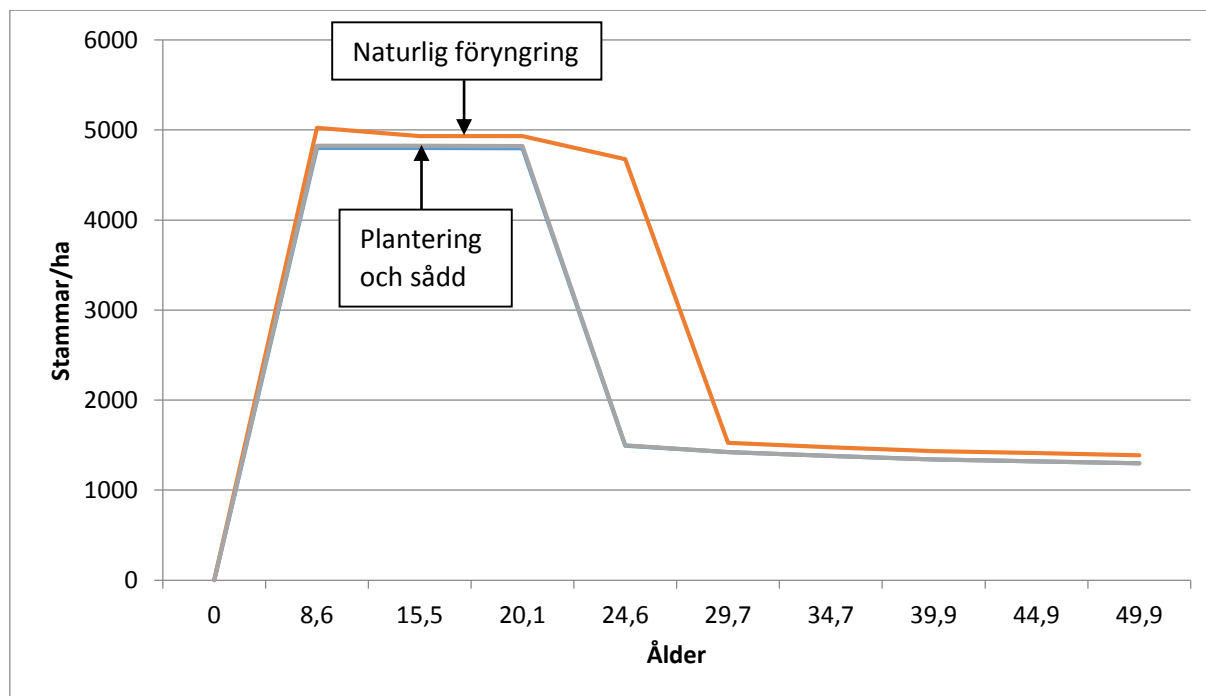
Resultatdiskussion

Vi förklarar betesanpassningens lägre nettointäkter från gallring och slutavverkning med att detta skötselalternativ hade högre andel naturlig föryngring. Med den föryngringsmetoden kommer en del av träden att sparas som fröträd och då kommer intäkterna hamna under posten ”Netto avveckling frö- och skärträd”. Den posten blev större för det betesanpassade skötselalternativet än för grundskötseln, vilket stärker teorin.

Fastän vissa skillnader fanns i scenariernas respektive avverknings- och nettointäktsprofiler anser vi att skillnaderna var relativt små och inte är grund nog för att dra några djupare analyser.

Betesanpassningen hade högre utgifter för röjning än grundskötseln vilket är rimligt eftersom röjning i betesanpassningen inte tilläts förrän efter beståndet uppnått 5 m i höjd. Denna senare röjning innebär att beståndet växer på sig och man har funnit att kostnader för röjning korrelerar positivt med stamtäthet och stammarnas dimensioner (Hallsby, 2007).

I betesanpassningen ska den större andelen naturlig föryngring och sådd syfta till att skapa större plantuppslag och på så vis ge ungskogar som är uthålligare mot älgbete. En brist som PlanVis har är att tillväxtmodellerna som används är väldigt lika, oavsett om man i programmet planterat, sått eller föryngrat naturligt (Nyström, 2000). Vi befارade att detta blivit en faktor som påverkat vårt resultat och därför tog vi fram figur 16.



Figur 16. Stamtäthet vid olika åldrar i beståndet med ID 1009791 (SI <20) för de tre olika föryngringsmetoderna.

Figure 16. Stem density at different ages in stand with ID 1009791 (SI <20) for the three different regeneration methods.

Som man kan se blir det ingen större skillnad i stamtäthet i bestånden, oavsett föryngringsmetod. Detta ger anledning att tro att röjningskostnaden för det betesanpassade skötselprogrammet underskattades av PlanVis då röjningskostnader beror på tidsåtgång och med ökad medelstam i röjningsbeståndet ökar även tidsåtgången. Det betyder också att den ökade andelen naturlig föryngring och sådd troligtvis inte fyllde sitt syfte fullt ut, som var ökat plantuppslag. Av den anledningen menar vi att PlanVis underskattade stamtätheten i bestånd med $H_{gv} < 5m$ i det betesanpassade skötselalternativet. I så fall är den genomsnittliga differensen i stamtäthet mellan skötselalternativen 630 st./ha en underskattning och siffran torde bli högre om man applicerar detta i verkligheten. Detta leder i sig till en högre måluppfyllnad men till en större inoptimalförlust mot grundalternativet än vad som redovisas i våra resultat.

Vi tolkar skillnaden i stamtäthet i ungskogar (630 stammar/ha enligt tabell 7) mellan skötselalternativen som att den senarelagda röjningen i betesanpassningen gav upphov till detta. De tre första perioderna avviker något från mönstret i övriga planeringshorisonten. Det kan bero på att den betesanpassade skötseln ännu inte gett utslag eftersom det tar ett antal år innan skogen uppnår fem meters höjd. Betesanpassningen skulle i genomsnitt ha 718 fler stammar per hektar om man bortsåg från de tre första perioderna. Detta stärker vår tes om att siffran 630 stammar/ha är viktad av de tre första perioderna där effekterna av skillnader i skötseln ännu inte kan observeras.

Att beräkningarna för betesanpassningen uppvisade en nuvärdesförlust ser vi som väntat. Vi applicerade striktare restriktioner i detta scenario och det är rimligt att detta sänker målfunktionens värde.

Studiens utförande

Studien utfördes på ett innehav som innefattar 1085 bestånd på sammanlagt 12102 hektar. Restriktionen som innebar att avverkningsnivån aldrig fick sjunka från en period till nästa används i praktiskt skogsbruk på hela Sveaskogs innehav vilket är många gånger större än innehavet i denna studie. Man kan föra argumentet att innehavet i studien var olämpligt litet för den restriktionen och att det finns stor risk att det tvingade fram alltför stora ekonomiska förluster. Under studiens tidigaste fas genomförde vi dock simuleringar där vi använde oss av en annan restriktion som innebar att slutavverkningsnivån fick både öka och minska men aldrig med mer än 10 % från en period till nästa. Vi fick emellertid inte några betydande ökade förluster i nuvärde med icke avtagande avverkningar, varför vi behöll det.

En annan restriktion som fick råda och påverkade vårt resultat var andelarna av naturlig föryngring och sådd. Restriktionen var formulerad så att inom varje period skulle en viss andel av den föryngrade arealen på hela innehavet föryngras med dessa metoder. Tidsintervallet hade kunnat vara större vilket hade gett större utrymme för programmet att välja vilka bestånd metoderna skulle användas i. Denna mindre strikta restriktion hade gett fler möjliga lösningar och PlanVis hade kunnat förlägga dessa typer av föryngringar på de allra bäst lämpade markerna. Det hade förmodligen gett ett optimalt alternativ med högre nuvärde.

Man kan diskutera huruvida markberedning är en betesanpassning eller ej. Den har förvisso positiva effekter på faktorer som styr riskerna för älgbete. Den är emellertid en mycket väl etablerad åtgärd i det praktiska skogsbruket och den genomfördes också i stor omfattning i denna studies två simuleringar. Att argumentera för markberedning tack vare dess

betesriskpåverkande effekt vore att sparka in en öppen dörr. Vi tror heller inte att skillnaderna i resultatet mellan våra två skötselalternativ beror på skillnader i omfattning av markberedning eftersom åtgärden utfördes i mycket lika utsträckning i simuleringarna.

Vi hade kunnat utföra fler körningar där inställningar, restriktioner, ränta och mål justerats. Tillgänglig tid blev dock en begränsande faktor och vi valde att utföra få och noggrant utformade körningar istället för flera.

Studien var tvungen att bortse från ett antal betesanpassande åtgärder som inte kunde tas med på grund av PlanVis beskaffenhet och studiens tidsbegränsning. Exempelvis risseparering, viltåkrar, stödutfodring, kan vara relevanta för ett företag som Sveaskog under rätt förutsättningar (Lövstrand, 2014-03-10, *personlig kommunikation*). Med bättre kompetens och framförallt mer tillgänglig tid skulle man kunna lägga på en schablonkostnad för vissa avverkningar och gallringar som representerar den tidsåtgång som risseparering innebär. På så vis skulle man kunna simulera även dessa åtgärder med avseende på de ekonomiska aspekterna. Vi tror även att anläggning och underhåll av viltåkrar och stödutfodring är åtgärder som i viss mån kan utföras med jägarrörelsens ideella krafter. Att helt utesluta dem som orealistiska menar vi är förhastat. Det finns dock inga färdiga modeller i PlanVis som behandlar de här företeelserna och därför fick vi utesluta dem.

Felkällor och problem

Det är med PlanVis inte möjligt att göra skillnad mellan våra två skötselalternativ vad beträffar älgbetets effekter på virkesproduktion och –kvalitet. Tillväxtmodellerna i programmet är baserade på empiriska studier där man mätt bestånd ute i verkligheten. Oavsett om det innebär att tillväxtmodellerna inkluderar betets effekter eller inte så är det problematiska här att samma tillväxtmodeller användes för båda våra skötselalternativ. De särskilda åtgärder som utförts i vårt betesanpassade alternativ har bevisats minska förekomster av skador efter älgbete. Därför finns det anledning att tro att vårt betesanpassade alternativ skapade bestånd där effekterna av älgbetet var mindre kostsamma. I den här studien finns inte den aspekten i beräkningarna och resultaten måste läsas med detta i beaktning.

En möjlig lösning på några av problemen som diskuterats hade varit att göra antaganden. Man hade kunnat alternera t.ex. prislistor och kostnader för att kompensera faktorer som inte kan tas hänsyn till av PlanVis. Risseparering är ett bra exempel på en åtgärd som hade kunnat inkluderas med ett antagande om förhöjda slutavverkningskostnader. Detta övervägdes men vi bedömde att brist på tid och faktaunderlag för att göra detta skulle sänka kvaliteten på studien. Sådana antaganden hade liknat spekulationer och vi valde att inte göra på det viset för att minimera felkällorna.

Att PlanVis använder mycket lika tillväxtfunktioner för naturlig föryngring, sådd och plantering har tidigare redan fastslagits. Detta visar figur 16 genom att skillnader i stamantal innan röjning inte är speciellt stora mellan bestånd som föryngrats med genom plantering, sådd eller naturlig föryngring. Detta påverkar som tidigare nämnts t.ex. kostnader för röjning men över längre tid också utveckling av bestånden och tillväxt och struktur för hela innehavet. För den här studien blev detta en av PlanVis största svagheter, då en stor del av betesanpassningen låg i att föryngra med metoder som gav täta plantuppslag. Tillväxtmodellerna behöver utvecklas, inte minst när det kommer till utveckling av bestånd som föryngrats med olika metoder.

Ett annat problem som rör föryngringsmetoder är ekonomiska beräkningar på bestånden som föryngrats naturligt. Heureka ger bestånd som föryngrats naturligt högre nuvärde än bestånd som planterats. Det blir mycket problematiskt i den här studien. I bästa fall är det en förenkling av verkligheten och i värsta fall helt felaktigt. Naturlig föryngring tillgodogör sig inte av fördelarna med det förädlade material som finns tillgängligt för plantering och sådd. Orsaken till att nuvärdet blir högre är att föryngringskostnaderna med naturlig föryngring är obefintliga (se figur 12 och stapeln för kostnaderna för naturlig föryngring) samtidigt som prognostiseringen i övrigt är mycket lik sådd och plantering.

Slutsatser

Denna studie inkluderade beräkningar på ett betesanpassat skötselprogram med hjälp av beslutsstödsystemet PlanVis. Det betesanpassade scenariot uppvisade en nuvärdesförlust som motsvarade 1,55 % av grundskötselns nuvärde. I utbyte mot optimalförlusten gav betesanpassningen en ökad fodermängd i form av 630 fler stammar per hektar på de arealer som är inom beteshöjd för älgen. Det är ett resultat som får ses som lyckat givet syftet med det betesanpassade skötselprogrammet.

Utöver våra resultat vore det intressant med fler studier i detta område, till exempel kostnadsberäkningar för älgskador på beståndsnivå.

REFERENSER

- Andrén, H. & Angelstam, P. (1993). Moose browsing on Scots pine in relation to stand size and distance to forest edge. *Journal of Applied Ecology* 30(1), 133–142.
- Cassing, G., Greenberg, L. A. & Mikusinski, G. (2006). Moose (*Alces alces*) browsing in young forest stands in central Sweden: A multiscale perspective. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21(3), 221–230.
- Edenius, L. (1991). The effect of resource depletion on the feeding behaviour of a browser: winter foraging by moose on Scots pine. *Journal of Applied Ecology* 28(1), 318–328.
- Edenius, L., Roberge, J.-M., Månsson, J. & Ericsson, G. (2012). *Kunskap om vilt och skog. 3, Risseparering som foderskapande åtgärd för klövvilt vid föryngringsavverkning och gallring*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet SLU.
- Eklund, N.-O. (2010). *Moose distribution and browsing close to a feeding station*. Sveriges Lantbruksuniversitet SLU. Institutionen för skogens ekologi och skötsel/Jägmästarprogrammet. (Examensarbete 2009:22).
- Hallsby, G. (2007). *Nya tiders skog : skogsskötsel för ökad tillväxt*. Stockholm: LRF Skogsägarna.
- Heikkilä, R. & Härkönen, S. (1996). Moose browsing in young Scots pine stands in relation to forest management. *Forest Ecology and Management*, vol 88, ss. 179–186.
- Ingemarsson, F., Claesson, S. & Thuresson, T. (2007). *Älg- och rådjursstammarnas kostnader och värden*. (Rapport, 2007:3) Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Kalén, C., Bergquist, J., Fihn, R. & Krekula, H. (2009). *Viltanpassad skogsskötsel - Skogliga åtgärder för att minska skador*. (Meddelande 2009:2) Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.
- Karlmats, U. & Pettersson, N. (2001). *Effekter av älgbetning på tallens virkesegenskaper* (Rapport Högskolan Dalarna Avdelningen för skog och träteknik, 2001:12) Borlänge: Högskolan Dalarna.
- Lavsund, S. (2003). *Skogsskötsel och älgskador i tallungskog*. (Resultat Skogforsk, 2003:6) Uppsala: SkogForsk.
- Leijon, B. (2014-03-05). *Älgbetningsskador Västerbotten 2013*.
<http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Skog%20och%20miljo/Tillstandet%20i%20skogen/Algbetningsinventeringar/2013%20V%C3%A4sterbotten.pdf>.
[2014-03-05].
- Månsson, J., Andrén, H., Pehrson, A. & Bergström, R. (2007). Moose browsing and forage availability: a scale-dependent relationship? *Canadian Journal of Zoology*, vol 85.
- Nyström, K. (2000). *Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog*. Diss. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet SLU.
- Persson, P. (1986). Älgskador hos SCA, *Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift*, vol. 1986:1, ss. 35–47.
- Rolander, M., Kalén, C. & Bergquist, J. (2014-03-04). *Äbin*.
[http://www.skogsstyrelsen.se/Global/.../Äbin%20Manual%20\(version1.0\).pdf](http://www.skogsstyrelsen.se/Global/.../Äbin%20Manual%20(version1.0).pdf) [2014-03-04].
- Sandgren, M. (1980). *Produktionsförluster och kvalitetsnedsättningar i en älgbetad tallkultur*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel/Jägmästarprogrammet (Examensarbete i ämnet skogsskötsel, 1980:5).
- Sveaskog. (2013-10-01). *Sveaskogs riktlinjer för viltförvaltning och jakt*.
<http://www.sveaskog.se/Documents/Trycksaker/Foretagsinformation/Sveaskogs%20riktlinjer%20för%20viltförvaltning%20och%20jakt.pdf> [2014-03-18].
- Westman, H. (1958). *Älgens skadegörelse på ungskogen : sammanfattning av resultaten från en undersökning på fem kronoparker i södra och mellersta Sverige = The damage*

- caused by elk to young stands*. Lic-avh. Kungliga Skogshögskolan. Stockholm: Kungliga skogshögskolans skrifter.
- Wikström, P., Edenius, L., Elfving, B., Eriksson, L. O., Lämås, T., Sonesson, J., Öhman, K., Wallerman, J., Waller, C. & Klintebäck, F. (2011). The Heureka Forestry Decision Support System: An Overview. *Mathematical and Computational Forestry & Natural-Resource Sciences (MCFNS)*, vol. 3:2, ss. 87–95.
- Winqvist, T. (1981). *Älgen i skogsbruket*. (Skogsfakta; 1981:3). Garpenberg: Skogshögskolan.